

## Contrôle et maintien de la nappe phréatique sous culture de palmiers à huile en Côte d'Ivoire

L'extension des cultures de palmiers à huile en Côte d'Ivoire a permis de valoriser des unités de sols hydromorphes après création de fossés de drainage. L'intérêt agronomique de ce type de valorisation est d'autant plus important que l'on a assisté au cours de la dernière décennie à une dégradation des conditions climatiques de ce pays. La présence d'une nappe phréatique dans le sol permet dans ces conditions d'améliorer l'alimentation hydrique de la culture. Le rôle du réseau d'assainissement est donc de maintenir la nappe à une profondeur jugée satisfaisante pour le palmier à huile, soit 30 à 60 cm, ceci malgré les fluctuations de régime engendrées par le cycle climatique annuel ainsi que les variations interannuelles.

On abordera successivement la méthode d'appréhension du niveau du plan d'eau par rapport à la surface du sol, puis une description d'ouvrages simples permettant une régulation de ce niveau.

### I. — POSITION DE LA NAPPE

A l'intérieur de puits de mesure ou piézomètres, on détermine la hauteur entre la surface du sol et la nappe. Un réseau d'observation permet d'établir une cartographie des épaisseurs de la couche de sol ressuyé, ou la topographie du plan d'eau si les cotes des sommets des puits sont connues.

#### 1. — Description d'un piézomètre.

Il est constitué d'un puits de mesure protégé dans sa partie sommitale par une chemise (Fig. 1). La pose est réalisée avec une tarière pédologique d'un diamètre de 5 à 10 cm. La chemise est formée d'un tronçon de tube d'un diamètre légèrement supérieur à celui de la tarière. Le matériau utilisé varie suivant les disponibilités (récupération de tuyauterie d'irrigation en aluminium, PVC, etc.).

Il est conseillé de munir l'extrémité supérieure du tube d'un épaulement pour éviter son enfoncement lors des retraits du sol en saison sèche.

La longueur du puits est fonction de l'amplitude du battement annuel de la nappe. Généralement limité à 1,10 m, soit la longueur d'une tarière ordinaire, le puits peut être prolongé dans le cas de nappes profondes. La longueur de la chemise dépend de la nature des sols ; à titre d'exemple on utilise sur la station de La Mé les normes suivantes (Tabl. I) :

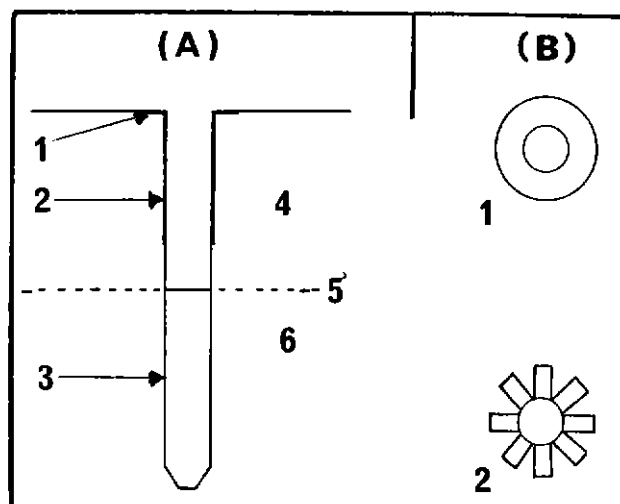


FIG. 1. — Constitution d'un piézomètre (Diagram of a piezometer - Esquema de un piezómetro).

(A) Vue en coupe (Sectional view - Corte vertical) :

1 - Epaulement (Shoulder - Espaldón) ; 2 - Chemise (Sleeve - Camisa) ; 3 - Puits (Well - Pozo) ; 4 - Sol ressuyé (Dried out soil - Suelo secado) ; 5 - Limite de la nappe (Water table level - Límite del nivel freático) ; 6 - Sol saturé (Saturated soil - Suelo saturado)

(B) Epaulements vus de dessus (Shoulders seen from above - Espaldones, vista superior) :

1 - Adjonction d'une couronne (With a rim added - Se añade una corona) ; 2 - Déformation des parois en étoile (Well cut open to form tabs - Deformación de las paredes en forma de estrella).

TABLEAU I

Caractéristiques du sol	Rapport longueur chemise/ longueur puits
Perméabilité bonne, cohésion faible (tourbes-colluvions, sableux)	50 à 75 %
Perméabilité faible, cohésion forte à moyenne (gleys argileux-amphigleys limoneux)	40 à 60 %

#### 2. — Pose et entretien.

La pose est généralement faite sur les lignes de plantation, entre deux palmiers. Après rabattage de la végétation sur un cercle de un mètre de diamètre, le puits est foré à la

tarière à la profondeur choisie. La chemise est enfoncée de force jusqu'à affleurement de l'épaule à la surface du sol. Un jalon de deux à trois mètres de long est ensuite enfoncé à la périphérie de la surface, dégagée à une distance suffisante du piézomètre pour permettre son recu-rage ou recouvrement périodique à la tarière. Le jalon, peint d'une couleur vive, facilite le repérage et l'identification du point de mesure. L'entretien consiste essentiellement à déboucher les piézomètres obstrués, à rabattre périodiquement la végétation et à remplacer éventuellement les jalons détériorés.

### 3. — Densité des points d'observation.

Dans les projets de développement de surface importante, on ne peut mettre en place, pour des raisons évidentes de possibilités de suivi, qu'un nombre limité de piézomètres. Il faut donc chercher quelques emplacements caractéristiques à chaque situation avec, éventuellement, quelques zones témoins étudiées avec plus de précision (2 à 5 points de mesure à l'hectare).

### 4. — Méthode de mesure.

A chaque opérateur est attribué un parcours de 100 à 200 stations suivant la densité choisie. A l'aide d'un double mètre il mesure la hauteur entre la surface libre de la nappe et le bord supérieur du piézomètre. L'observation de la petite ride formée lors du contact entre le liquide et l'extrémité de la tige autorise une précision de l'ordre du centimètre. L'observateur note le résultat, assorti d'observations éventuelles (nappe libre, boue, fond sec, etc.).

Les relevés sont bihebdomadaires ou mensuels, ils peuvent être plus rapprochés dans le cas d'événements climatologiques importants. Pour les sols à faible perméabilité, il est prudent de laisser un intervalle de quelques jours entre un relevé et une forte pluie afin de revenir à un équilibre entre le niveau de la nappe dans le sol et celui des piézomètres.

## II. — RÉGULATION DE LA NAPPE

Le réseau d'assainissement est calculé pour évacuer un débit maximal correspondant à la pluie critique. Ce régime ne doit survenir qu'exceptionnellement durant les périodes de fortes pluviosités. En dehors de ces périodes le débit de drainage sera limité à une fraction du débit maximal afin de ne pas abaisser la nappe trop profondément, ce qui pourrait être néfaste pour la culture. Des ouvrages de régulation sont prévus à cet effet. Parmi eux l'on distingue :

- les ouvrages principaux : les moines équipés de planches ou de vannes,
- les ouvrages secondaires : les déversoirs.

### 1. — Les ouvrages principaux.

Ce sont généralement de petits ouvrages de maçonnerie placés en aval du réseau d'assainissement ; ils permettent le contrôle des flux sortants ou entrants. Ils peuvent être fermés totalement, de manière à conserver les réserves en eau ou à protéger le périmètre contre une crue originaire de l'aval.

Parmi les ouvrages possibles deux exemples sont donnés dans la figure 2 :

— le 1<sup>er</sup> représente un moine constitué d'un couloir bétonné dont les trois faces intérieures sont rainurées. Le réglage du niveau d'eau en amont de l'ouvrage se fait par l'insertion ou le retrait de planches jointives dans les glissières. La finesse du réglage dépend donc de la hauteur des planches (10 à 20 cm). Une étanchéité quasi parfaite peut être assurée si l'on dispose deux ou trois séries de planches entre lesquelles les espaces libres seront colmatés par de la terre damée.

Ce système offre l'avantage d'être simple et bon marché. Il est particulièrement intéressant lorsque l'on n'est pas amené à modifier fréquemment les débits de sortie (Fig. 2 A) ;

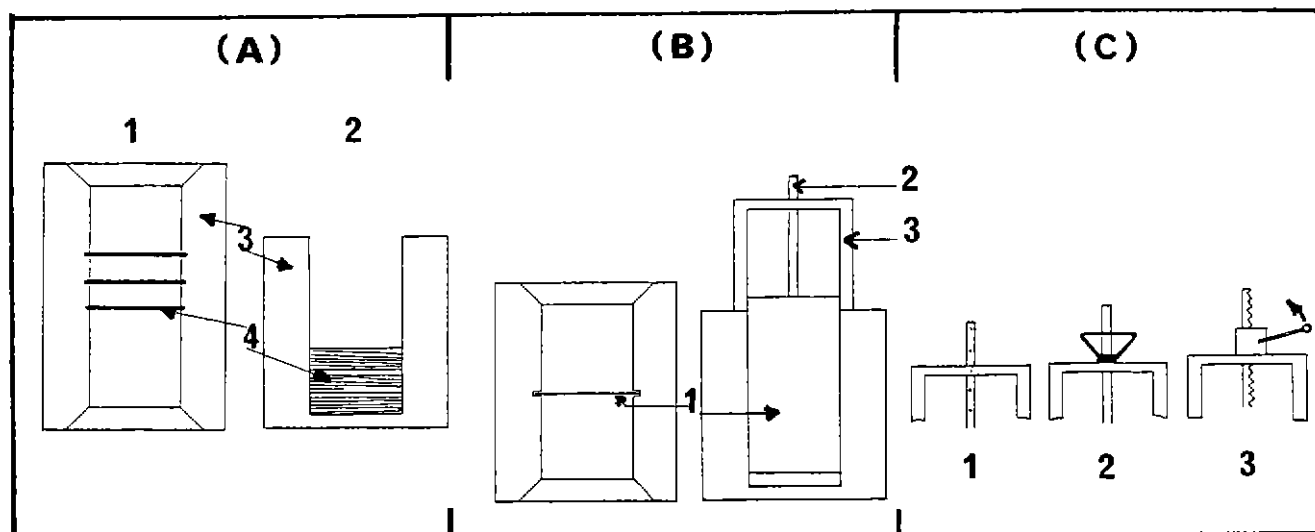


FIG. 2. — Ouvrages en maçonnerie (*Masonry works - Obras de fábrica*).

(A) Moine à planche (*Sluice with planks - Obra de fábrica provista de tablas*)

1 - Coupe horizontale (*Horizontal section - Corte horizontal*) ; 2 - Coupe verticale (*Vertical section - Corte vertical*) ; 3 - Mur de soutènement (*Retaining wall - Muro de contención*) ; 4 - Planches (*Planks - Tablas*)

(B) Moine à vanne mobile (*Sluice with a sluice-gate - Obra de fábrica de compuerta móvil*) :

1 - Volet métallique (*Metal door - Corredera metálica*) ; 2 - Queue de vanne (*Upright - Vástago de la compuerta*) ; 3 - Portique (*Gantry - Pórtico*).

(C) Systèmes de levage (*Opening systems - Sistemas de elevación*) :

1 - à traction manuelle (*by hand - de tracción manual*) ; 2 - à vis et volant (*screw and handwheel - de paso de rosca y volante*) ; 3 - à crémaillère (*ratchet - de cremallera*).

— le 2<sup>e</sup> exemple représente un moine muni d'une vanne métallique à relevage mécanique. Le réglage du débit est assuré par le mouvement vertical d'un volet mobile dans des glissières encastrées dans la maçonnerie (Fig. 2 B).

En fonction de la pression exercée sur le volet, et donc de la dimension de l'ouvrage, on choisira un système de levage adapté (Fig. 2 C) :

- levage manuel avec verrouillage par cheville,
- levage mécanique à pas de vis ou à crémaillère.

Bien que ces ouvrages soient, de par leur conception, plus onéreux que les précédents ils offrent l'avantage d'une plus grande souplesse d'emploi. L'écoulement de l'eau s'effectue par le fond, ce qui réduit l'envasement lié à la perte de charge en amont de l'ouvrage.

## 2. — Les ouvrages secondaires.

Leur rôle est de diminuer le débit des drains en dehors des périodes de forte pluviosité. On utilise pour cela des déversoirs métalliques mobiles dont deux modèles sont présentés en figure 3 :

— déversoir simple (Fig. 3 A) : il est constitué d'une plaque de tôle d'épaisseur de 4 à 5 mm et de dimensions variables suivant la section du drain. De manière générale l'utilisation de ce type de déversoir est limitée à des fossés dont la largeur du fond n'excède pas 1 m. Les poignées constituées de fer à béton facilitent les manipulations lors de la pose et la dépose. Des renforts constitués de plaques métalliques plus épaisses sont soudés de part et d'autre afin d'enfoncer sans déformation le déversoir dans le sol au moyen d'une masse. La découpe en V permet d'absorber des variations de débit et évite l'affouillement des berges.

Une série de déversoirs placés sur un drain permet une régulation du niveau de l'eau en « marches d'escalier », les dénivelés successifs variant de 10 à 20 cm ;

— déversoir réglable (Fig. 3 B) : il est réalisé avec les mêmes matériaux que précédemment mais présente une échancrure rectangulaire. Des glissières formées de petits fer en U sont soudées sur les bords de l'évidement de manière à pouvoir insérer des planches de différentes hauteurs. Ce type de déversoir permet des retenues d'eau jusqu'à 50 cm. Il est alors prudent de la renforcer en aval par deux montants enfoncés profondément dans le sol. L'affouillement en aval, à l'aplomb de la chute, sera évité par un empierrement ou le dépôt de matériaux grossiers.

## CONCLUSION

La connaissance de la position de la nappe par rapport à la surface du sol est un guide important pour le réglage des débits dans les fossés de drainage. En saison des pluies elle permet de contrôler le bon fonctionnement du réseau d'assainissement et de programmer l'entretien ou la modification des fossés saturés. En saison sèche le drainage est ralenti, voire arrêté, pour constituer une réserve hydrique. A ce titre la cartographie de la nappe à intervalles réguliers apporte une meilleure compréhension des fluctuations annuelles ou interannuelles de son niveau dans le sol. Cette expérience acquise permet d'anticiper les événements climatiques majeurs ; en Côte d'Ivoire par exemple on s'efforce de maintenir la nappe à la profondeur minimale tolérable soit 30 cm, quelques semaines avant la date théorique d'entrée en saison sèche. Des ouvrages d'importance variable permettent de régler le débit des drains primaires et des drains de champ pour maintenir la nappe à la profondeur désirée.

B. DUBOS.

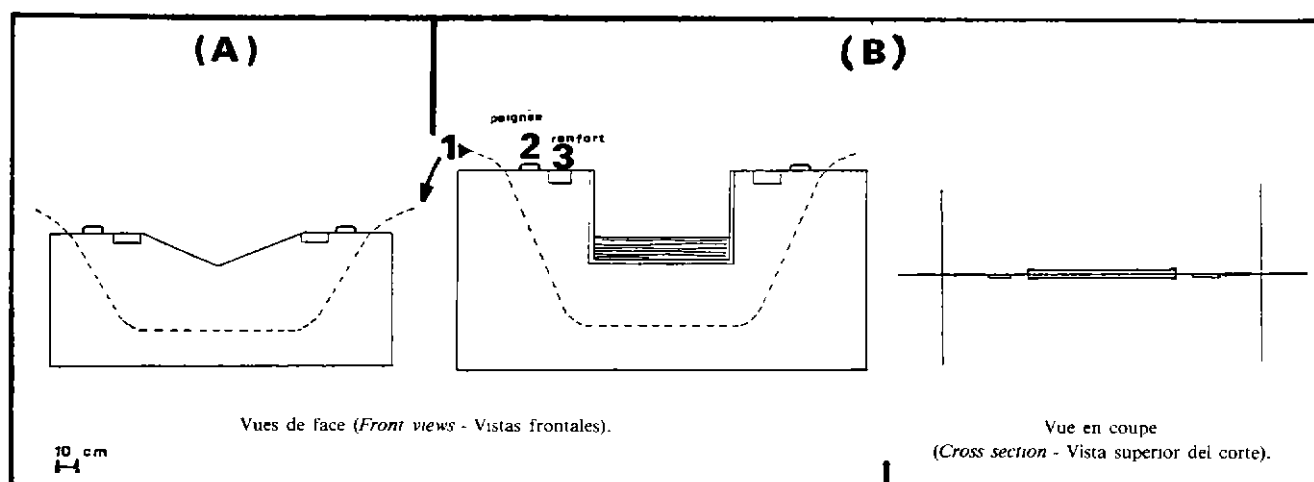


FIG. 3. — Déversoirs (Spillways - Aliviaderos).

(A) Déversoir simple (Simple spillway - Aliviadero sencillo).

(B) Déversoir réglable (Adjustable spillway - Aliviadero regulable) :

1 - Profil du fossé (Ditch profile - Perfil del dren) ; 2 - Poignée (Handle - Asas) ; 3 - Renfort (Reinforcement - Refuerzo).

# Regulation and maintenance of the water table in oil palm zones in Côte d'Ivoire

The extension of oil palm cultivation in Côte d'Ivoire has made it possible to valorize waterlogged soils once drainage ditches are built. The agronomical merits of this type of valorization are all the more significant in that climatic conditions in this country have declined over the last decade. Under these conditions, the existence of a water table in the soil makes it possible to improve the crop's water supply. Thus, the role of the drainage system is to maintain the water table at a depth judged satisfactory for oil palm, i.e. 30 to 60 cm, despite fluctuations brought about by the annual climatic cycle and variations from one year to the next.

This advice note first explains how to determine the depth of the water table compared to the surface of the soil, then describes simple techniques designed to regulate this level.

## I. — DEPTH OF THE WATER TABLE

A piezometer, or measurement well, is used to determine the distance between the surface of the soil and the water table; an observation network makes it possible to map out the thickness of layers of dried out soil or the body of water if the height of the well tops is known.

### 1. — The piezometer.

A piezometer is a measurement well whose upper part is protected by a sleeve (Fig. 1). A soil auger 5-10 cm in diameter is used to sink it. The sleeve is a length of pipe whose diameter is slightly larger than that of the auger. The material used varies depending on what is available (old irrigation pipe in aluminum, PVC, etc.).

It is recommended that the upper end of the sleeve be fitted with a shoulder so that it will not sink any further down when soil shrinks away during the dry season.

The depth of the well depends on the degree of annual water table variations. Generally limited to 1.10 m, i.e. the length of an ordinary auger, it can be dug deeper in the case of a low water table. The length of the sleeve depends on soil characteristics, at La Mé, for example, the following standards are used (Table I) :

TABLE I

Soil characteristics	Ratio between the length of the sleeve and the depth of the well
Good permeability, poor cohesion (peat, colluvial deposits, sands)	50 to 75 %
Poor permeability, average to strong cohesion (clayey gleys, loamy amphigleys)	40 to 60 %

### 2. — Installation and maintenance.

The piezometer is usually installed in the planting rows between two oil palms. After slashing the vegetation covering a circle 1 m in diameter, the well is sunk to the depth selected using the auger. The sleeve is hammered until the shoulder is flush with the surface of the soil. A 2 to 3-m rod is then driven in at the edge of the cleared circle far enough away from the piezometer to enable periodical cleaning or digging with the auger. The rod, painted in a bright colour, makes it easier to locate and identify the measuring point. Maintenance basically consists in unclogging blocked piezometers, periodically slashing the vegetation and possibly replacing damaged rods.

### 3. — Number of observation points required.

In the case of large development projects, given the difficulties in monitoring, it is obvious that only a limited number of piezometers can be installed. Thus, a few sites characteristic of the

whole plantation have to be chosen and, possibly, a few control zones examined in more detail (2 to 5 observation points per ha).

### 4. — Measurements.

Each operator is given 100 to 200 observation points to monitor, depending on the number of points chosen. Using a 2 m rule he measures the distance between the upper surface of the water table and upper edge of the piezometer. Observing the slight ripple formed when the tip of the rod touches the liquid enables accuracy to within a centimetre. The observer records the results along with any observations (free water table, mud, dry bottom, etc.).

Recordings are made either fortnightly or monthly and can be made more often in the case of major climatic events. For soils with low permeability, it is wise to wait a few days after heavy rainfall so as to return to a balance between the water table level in the soil and that of the piezometers.

## II. — WATER TABLE REGULATION

The drainage system is calculated to evacuate a maximum flow corresponding to critical rainfall. Maximum flow should only occur exceptionally during periods of heavy rainfall. During other periods, drainage flow should be limited to a fraction of maximum flow so as not to lower the water table excessively, which could be harmful to the crop. Regulating devices are designed to do this work; they can be divided into two categories :

- main works : sluices with planks or a sluice-gate,
- secondary works : spillways.

### 1. — Main works.

These are generally small masonry works placed downstream from the drainage system. They make it possible to regulate incoming or outgoing flow. They can be closed completely to conserve the water reserve or protect the perimeter from rising water flowing back from downstream.

Two examples of the various works possible are given in figure 2 :

— the first is a sluice comprising a concreted channel with grooved inner walls. The water level upstream is regulated by inserting or removing a series of planks placed one on top of the other in the grooves. The precision of regulation therefore depends on the height of the boards (10-20 cm). An almost perfect water-tight system can be obtained by placing two or three series of boards in a row, with tamped earth packed into the open spaces.

This system offers the advantage of being simple and inexpensive; it is particularly useful when water flow needs to be modified frequently (Fig. 2 A).

— the second example is a sluice equipped with a mechanically raised metal sluice-gate. Water flow is regulated by raising a mobile trap door sliding in guides set into the masonry (Fig. 2 B). Depending on the pressure exerted on the trap door, hence on the size of the opening, one of the following raising systems is adopted (Fig. 2 C) :

- manual raising using pegs to lock the door in place,
- mechanical raising using a screw or ratchet system.

Although these devices are more costly due to their design, they offer the advantage of being easier to use. Water flows through at the bottom of the door which limits silt deposits due to loss of head upstream.

### 2. — Secondary works.

Their role is to reduce drain flow outside heavy rainfall periods. Removable metal spillways are used for this, two examples of which are given in figure 3 :

— the simple spillway (Fig. 3 A) consists of a piece of sheet metal 4-5 mm thick whose size varies according to the size of the



drain section. Generally, this type of spillway is only used in ditches whose width is less than 1 m at the bottom. The handles, made out of concrete reinforcement wire, facilitate installation or removal operations. Reinforcements composed of thicker sheet metal are welded either side so that the spillway can be hammered into the soil without deforming it. A V cut makes it possible to absorb flow variations and prevents bank erosion. A series of staggered spillways installed along the length of a drain enables water regulation giving a « stairway effect », with the level differences ranging from 10 to 20 cm ;

— the adjustable spillway (Fig. 3) is made of the same material as the simple spillway but has a rectangular cutout. Small U irons are welded along the edges of the cutout so that planks of different heights can be inserted. This type of spillways makes it possible to retain up to 50 cm of water. It is recommended that the spillway be reinforced downstream with two uprights sunk deep into the soil. Undermining downstream, immediately below the fall, can be avoided by depositing stones or coarse grained material.

## CONCLUSION

Knowledge of the depth of the water table in relation to the surface of the soil is a valuable guide for regulating flow in drainage ditches. During the rainy season it makes it possible to monitor the effectiveness of drainage networks and to programme maintenance or modify saturated ditches. During the dry season, drainage can be slowed down, even halted completely, so as to constitute a water reserve. Mapping out the water table at regular intervals provides a better understanding of level fluctuations within the year or from one year to the next. Thus acquired experience makes it possible to anticipate major climatic events ; for example in Côte d'Ivoire, efforts are made to maintain the water table at the minimum tolerable level, i.e 30 cm, a few weeks before the theoretical beginning of the dry season. Regulatory works of various sizes make it possible to regulate flow in primary and field drains so as to maintain the water table at the desired depth.

B. DUBOS.

# Control del nivel freático y mantenimiento, en los suelos que llevan cultivos de palma africana, en Côte d'Ivoire

La ampliación del área cultivada con palma africana en Côte d'Ivoire, permitió poner en cultivo suelos hidromórficos, previa creación de zanjas de drenaje. Este tipo de aprovechamiento resulta tanto más interesante desde el punto de vista agronómico cuanto que las condiciones de clima se han empeorado en el último decenio en el citado país. La presencia de agua subterránea en el suelo permite entonces mejorar la alimentación de agua para el cultivo. El papel de la red de saneamiento consiste por lo tanto en mantener el nivel freático a una profundidad considerada satisfactoria para la palma africana, o sea de 30 a 60 cm, no obstante las fluctuaciones de régimen que resultan del ciclo climático anual, y las variaciones interanuales.

En las presente Hojas de Práctica Agrícola se presentará sucesivamente el método para establecer el nivel freático en relación a la superficie del suelo, y luego se describirán obras de fábrica sencillas que permiten regular dicho nivel.

## I. — POSICIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Dentro de pozos de medición o piezómetros, se mide la altura que separa la superficie del suelo y el nivel. Una red de observación permite cartografiar los espesores de la capa de suelo seco o la topografía del nivel freático, siempre y cuando se conozca las cotas de la parte superior de los pozos.

### 1. — Descripción de un piezómetro.

El piezómetro viene formado por un pozo de medición protegido por una camisa en la parte superior (Fig. 1). Se coloca el piezómetro con un barreno de pedólogo de 5 a 10 cm de diámetro. La camisa es formada por un trozo de tubo de diámetro un poco superior al del barreno ; el material empleado varía de acuerdo a las disponibilidades (pueden recuperarse tuberías de riego de aluminio o PVC, etc.).

Para que la extremidad superior del tubo no se hunda en el suelo en las retracciones de éste durante la temporada seca, se aconseja proveerla de un espaldón.

La profundidad del pozo depende de la amplitud de las variaciones anuales del nivel freático. Suele limitarse a 1,10 m, o sea la longitud de un barreno ordinario ; puede prolongarse en el caso de una agua subterránea profunda. La profundidad de la camisa

depende de la índole de los suelos ; por ejemplo, en la estación de La Mé se aplican las normas siguientes (Cuadro I) :

CUADRO I

Características del suelo	Relación longitud de la camisa/profundidad del pozo
Buena permeabilidad, cohesión reducida (turberas-coluviaciones, arenosos)	de 50 a 75 %
Escasa permeabilidad, cohesión fuerte a mediana (gleys arcillosos, anficleys limosos)	de 40 a 60 %

## 2. — Colocación y mantenimiento.

El piezómetro se coloca en general en las hileras de plantación, entre dos palmas. Después de realizar el guachapeo de la vegetación en un círculo de un metro de diámetro, se perfora el pozo con barreno hasta alcanzar la profundidad deseada. La camisa se hincia a la fuerza hasta que el espaldón aflore en la superficie del suelo. Después de esto se hincia un jalón de dos a tres m de largo en la periferia del área despejada, a una distancia del piezómetro lo suficientemente importante como para que se pueda volver a cavarlo o limpiarlo periódicamente con el barreno. El jalón, pintado con color subido, ayuda a localizar e identificar el punto de medición. El mantenimiento consiste principalmente en desatascar los piezómetros obstruidos, haciendo guachapeos periódicos de la vegetación y sustituyendo los jalones deteriorados si se da el caso.

## 3. — Densidad de los puntos de observación.

En los proyectos que prevén desarrollar áreas importantes, sólo se puede instalar un número limitado de piezómetros, por los problemas que plantearía su seguimiento. O sea que se debe buscar algunos sitios característicos de cada situación, con algunas áreas testigos estudiadas de modo más preciso, dándose el caso (con 2 a 5 puntos de medición por hectárea).

#### 4. — Método de medición.

A cada operador se le atribuye un recorrido de 100 a 200 estaciones de acuerdo a la densidad escogida ; le corresponde medir la altura entre la superficie libre del agua y el borde superior del piezómetro, utilizando un doble metro. La observación de la pequeña onda formada en el momento del contacto entre el líquido y la extremidad de la varilla permite alcanzar una precisión de poco más o menos un centímetro. El observador anota el resultado, añadiendo sus observaciones si viene al caso (agua subterránea libre, lodo, fondo seco, etc.).

Los registros se realizan dos veces a la semana o cada mes, pudiendo ser más frecuentes en caso de ocurrir un fenómeno climático de importancia. En los suelos poco permeables, más vale dejar un intervalo de algunos días entre un registro y una lluvia importante, de modo a restablecer un equilibrio entre el nivel del agua subterránea en el suelo y la altura de la superficie del agua en los piezómetros.

## II. — REGULACIÓN DEL NIVEL DE AGUA

La red de saneamiento debe ser pensada de tal modo que permita el desagüe máximo de un caudal producido por una lluvia crítica, régimen este que sólo debe producirse con carácter excepcional, en los periodos de fuertes precipitaciones. Fuera de estos periodos, el caudal de drenaje quedará limitado a una fracción del caudal máximo, de tal manera que el nivel freático no baje demasiado, lo cual podría ser nocivo para el cultivo. Para eso está previsto construir obras de regulación, que pueden clasificarse de la manera siguiente :

- obras principales : pequeñas obras de fábrica provistas de tablas o de compuertas,
- obras secundarias : aliviaderos.

#### 1. — Obras principales.

Consisten en general en pequeñas obras de fábrica establecidas aguas abajo de la red de saneamiento, y que permiten controlar los flujos de salida o de entrada. Pueden quedar totalmente cerrados, de modo a conservar las reservas de agua o a proteger el perímetro contra una crecida procedente de aguas arriba.

Entre las obras que pueden establecerse se dan dos ejemplos en la Fig. 2 :

— el 1ro representa una obra de fábrica formada por una sección del canal revestida de hormigón y cuyas tres caras internas llevan ranuras. La regulación del nivel de aguas río arriba de la obra se realiza insertando en la ranura tablas unidas por los bordes, quitándoselas para elevar el nivel de aguas. O sea que la finura de la regulación depende de la altura de las tablas (10 a 20 cm). El dispositivo puede asegurar una estanquidad casi perfecta, al disponerse dos o tres series de tablas, rellenando los espacios libres con tierra apisonada. La mayor ventaja de este sistema es su sencillez, y su precio bajo. Es particularmente interesante cuando no se necesita modificar a menudo los caudales de salida (Fig. 2 A) ;

— el 2do ejemplo representa una obra de fábrica provista de una compuerta metálica de elevación mecánica. El movimiento vertical de una corredera móvil en ranuras encajadas en la fábrica es lo que regula el caudal (Fig. 2 B).

El sistema de elevación dependerá de la presión ejercida en la corredera, y por lo tanto de la dimensión de la obra ; este sistema

consistirá bien sea en (Fig. 2 C) :

- una elevación manual con cierre por clavija,
- una elevación mecánica con paso de rosca o cremallera.

A pesar de ser estos tipos de obra más costosos que los anteriores, por ser su concepto más elaborado, tienen la ventaja de una mayor flexibilidad de uso. El agua fluye por el fondo, lo cual disminuye el entarquinamiento por deposición de sedimentos aguas arriba de la obra.

#### 2. — Obras secundarias.

Tienen por objeto disminuir el caudal de los drenes fuera de los periodos de fuertes precipitaciones. A tal efecto se usan aliviaderos metálicos móviles, y en la Fig. 3 se presentan dos modelos de los mismos :

— aliviadero sencillo (Fig. 3 A) : es formado por una plancha de lámina de 4 a 5 mm de espesor, y de dimensiones variables según la sección del dren. El uso de este tipo de aliviadero se limita en general a unos drenes que no pasan de 1 m de anchura en el fondo. Las asas formadas con hierro de hormigón facilitan las manipulaciones en las operaciones de colocar y quitar los aliviaderos. En ambos lados del aliviadero se soldarán chapas metálicas más espesas para reforzarlo, a fin de evitar las deformaciones del aliviadero cuando se lo hinca en el suelo con un martillo. El recorte en V permite contener variaciones de caudal, evitando que las orillas queden socavadas.

Una serie de aliviaderos establecidos en una zanja permiten regular el nivel del agua según un perfil en escalones, con desniveles seguidos que varían de 10 a 20 cm ;

— aliviadero regulable (Fig. 3 B) : se realiza usando los mismos materiales que la obra anterior, pero tiene un recorte rectangular. En los bordes del recorte se soldan pequeños perfiles en U de modo a poder insertar tablas de diversas alturas. Este tipo de aliviadero permite realizar represas de hasta 50 cm. Para mayor prudencia, conviene reforzarlo con dos largueros hincados profundamente en el suelo aguas abajo. Para que el dren no se halle socavado aguas abajo, inmediatamente debajo del salto, se debe empedrar esta porción del dren o se depositarán materiales gruesos.

## CONCLUSION

El conocimiento de la posición del nivel freático relativamente a la superficie del suelo es un elemento importante de evaluación para regular los caudales en los drenes. Durante el periodo de lluvias permite controlar el buen funcionamiento de la red de saneamiento, planeando el mantenimiento o la modificación de los drenes saturados. Durante el periodo seco el drenaje queda reducido, y hasta se interrumpe, para constituir una reserva de agua. Por este concepto, como se realice una cartografía del nivel freático a intervalos regulares, se comprenderá mejor las fluctuaciones anuales o interanuales de su nivel en el suelo. Esta experiencia así acumulada permitirá anticiparse a los fenómenos climáticos de importancia ; en Côte d'Ivoire, por ejemplo, se procurará mantener el nivel freático en la profundidad mínima tolerable, o sea 30 cm, algunas semanas antes de la fecha teórica de inicio del periodo seco. Obras de importancia variable permiten regular el caudal de los drenes primarios y de los drenes de campo, para mantener el nivel del agua en la profundidad deseada.

B. DUBOS.

